



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 685865 A5

⑤① Int. Cl.⁶: B 22 D 11/12

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-Liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 2609/91

㉓ Inhaber:
Concast Standard AG, Zürich

㉒ Anmeldungsdatum: 05.09.1991

㉗ Erfinder:
Gloor, Hans, Umiken

㉔ Patent erteilt: 31.10.1995

㉙ Vertreter:
Josef Zeller, Zürich

㉕ Patentschrift
veröffentlicht: 31.10.1995

⑤④ **Kokille zum Stranggiessen von Stahl.**

⑤⑦ Kokillen zum Stranggiessen von Stahl haben in der Regel einen Formhohlraum aus Kupferwänden, die auf ihrer Aussenseite mit Kühlwasser, das in einem Kühlwasserspalt fliesst, gekühlt sind. Um eine verbesserte Kühlung dieser Kupferwände zwischen der Formhohlraumseite und der Wasserspaltseite zu schaffen, wird vorgeschlagen, die Kupferwände auf der Kühlwasserseite mindestens entlang eines Teilbereiches mit einer Oberflächenrauigkeit $R_a = 5-600$ in μm , vorzugsweise $10-200$ μm , zu versehen.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kokille zum Stranggiessen von Stahl, nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Beim Stranggiessen von Stahl ist es bekannt, die Wände des Formhohlraumes von Kokillen aus Kupfer oder aus Kupferlegierungen herzustellen und diese durch einen oder mehrere Wasserkreisläufe zu kühlen.

Um einerseits eine gute Kühlleistung der Kokille und andererseits eine niedrige Temperatur der Kupferwand während des Giessbetriebes zu erreichen, ist es weiter bekannt, eine möglichst dünne Kupferwand mittels Kühlwasser zu kühlen und das Kühlwasser mit einer relativ hohen Strömungsgeschwindigkeit an der Kupferwand vorbeifliessen zu lassen. Auch die Temperatur des Kühlwassers, das in der Regel in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert, sollte 30–40°C nicht überschreiten.

Mit steigender Giessleistung, insbesondere mit steigender Giessgeschwindigkeit, steigt die eingebrachte Wärmeleistung des Stranges in die Kokille und gleichzeitig die Wandtemperatur der Kokille. Parallel zur Erhöhung der Wandtemperatur steigt auch der Temperaturgradient in der Kokillenwand zwischen der Formhohlraum- und der Kühlwasserseite. Im Badspiegelbereich sind die Kokillenwandtemperatur und der Temperaturgradient am höchsten. Die Kokillenwandtemperatur auf der Formhohlraumseite kann bei üblichen Wassergeschwindigkeiten im Kühlspalt Temperaturen bis 350°C und auf der gegenüberliegenden Wasserseite bis 150°C erreichen.

Wärmebelastungen in dieser Grössenordnung beeinflussen die Geometrie (therm. Ausdehnung) und die Standzeit (Erweichungs- bzw. Rekristallisationstemperatur, Kriechen) solcher Kokillen und damit die Wirtschaftlichkeit des Stranggiessens und die Qualität der aus ihr erzeugten Stränge.

Um im Badspiegelbereich die Wandtemperatur abzusenken, ist in der DE-OS 3 621 073 vorgeschlagen worden, die Kupferwand der Kokille auf der Seite des Kühlwasserspalt mit in Stranglaufrichtung verlaufenden Nuten zwischen 1–8 mm Breite und 0,5–3 mm Tiefe zu versehen. Es werden Nutlängen von 60–600 mm empfohlen. Durch diese Nuten wird die Kühlfläche im Wasserspalt der Kokille ähnlich wie bei Kühlrippen vergrössert und dadurch der Wärmeübergang zwischen der Kokillenwand und dem Kühlwasser verbessert. Die Herstellung solcher Nuten, insbesondere bei Rohrkokillen für Bogenstranggiessanlagen, ist mit relativ hohen Kosten verbunden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kokille, insbesondere eine Rohrkokille, mit einer verbesserten Kühlung auf eine kostengünstige Weise zu schaffen, die mindestens in Teilbereichen der Kupferwand eine reduzierte Wandtemperatur zwischen der Formhohlraumseite und der Wasserspaltseite der Kupferwand aufweist, um dadurch die Temperaturunterschiede auch über die Länge des Kokillenrohres während des Giessbetriebes zu reduzieren. Durch diese Massnahme soll die Giessleistung und/oder die Standzeit der Kokille erhöht werden. Auch soll durch eine mindestens im Badspiegelbereich örtlich verbesserte Kühlung die Kristallisation der sich bildenden Strangkruste gesteuert bzw. verbessert werden können.

Gemäss der Erfindung wird diese Aufgabe durch die Summe der Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

Mit der erfindungsgemässen Kokille ist es möglich, die Kupferwandtemperatur bei einer bestimmten Kühlwassergeschwindigkeit um 15–30°C und die Wärmestromdichte \dot{q} in W/cm² durch die Kupferwand zu steigern. Im weiteren ist es möglich, die wasserseitige Kupferwandtemperatur bei dem im Wasserspalt herrschenden Druck unter der zugehörigen Siedepunkttemperatur zu halten, um damit eine Verdampfung des Kühlwassers zu verhindern.

Die Kupferwandtemperatur kann zusätzlich gesenkt und die Wärmestromdichte weiter erhöht werden, wenn bei einem Kühlwasserspalt von beispielsweise 2–10 mm die Kühlwassergeschwindigkeit auf 5 bis 15 m/s heraufgesetzt wird.

Um die Wärmestromdichte und die Wandtemperaturen zu beeinflussen, kann die Kokillenwandstärke z.B. in Stranglaufrichtung unterschiedlich gewählt werden. Eine wirtschaftliche Fertigung wird jedoch erreicht, wenn die Kupferwände im Teilbereich eine gleichmässige Dicke aufweisen.

Die Oberflächenrauigkeit wird im Teilbereich in der Regel gleichmässig gewählt. Gemäss einem Ausführungsbeispiel wird zusätzlich vorgeschlagen, die Oberflächenrauigkeit in Abhängigkeit der Wärmebelastung der Kupferwand durch einen in der Kokille kristallisierenden Strang vorzusehen, wobei mit steigender Wärmebelastung die Oberflächenrauigkeit zunehmen soll. Die Oberflächenrauigkeit kann dabei in der Regel in Stranglaufrichtung vermindert werden.

Neben der Oberflächenrauigkeit R_a oder K_s (Sandrauigkeit) kann auch die Rauigkeitsdichte in Stranglaufrichtung unregelmässig gewählt werden, insbesondere in der Bewegungsrichtung des Wassers im Wasserspalt.

Eine Optimierung der Oberflächenrauigkeit für eine optimale Wärmestromdichte und eine optimale Temperatur der Kupferwand wird nach einem weiteren Ausführungsbeispiel erreicht, wenn die Oberflächenrauigkeit über den Druckverlust im Kühlwasserspalt mit der Massgabe bestimmbar ist, dass das Verhältnis des Druckverlustes zwischen einer glatten Wand und einer Wand mit Oberflächenrauigkeit etwa 1:2 beträgt.

Im nachfolgenden soll an einem Diagramm die Erfindung zusätzlich erläutert werden.

Eine Stranggiesskokille für ein Strangformat 200 x 200 mm² wird als Rohrkokille mit 16 mm Wandstärke aus Kupfer mit einer Wärmeleitfähigkeit von 322 W/(m · K) gefertigt. Für eine solche Kokille wird

im Diagramm 1 auf der Vertikalen die Temperatur in °C und die Wärmestromdichte \dot{q} in W/cm² und auf der Horizontalen die Kühlwassergeschwindigkeit aufgetragen. Untere Kurvenscharen a), b), c) zeigen die Kupferwandtemperatur auf der Seite des Kühlwassers und mittlere Kurvenscharen a), b), c) die Kokillenwandtemperatur auf der Innenseite der Kupferwand im Bereich des Badspiegels. Eine weitere obere Kurvenschar a), b), c) zeigt die Wärmestromdichte durch die Kupferwand.

Die Kurve a) zeigt die Werte für eine hydraulisch glatte Wand, d.h. für eine Rauigkeit von 1–2 µm, z.B. eine gezogene Kupferwand,
 die Kurve b) zeigt die Werte für eine Rauigkeit Ra 20 µm und
 die Kurve c) zeigt die Werte für eine Rauigkeit Ra 80 µm.

In Tabelle 1 sind die Kurvenwerte entlang einer vertikalen Linie bei einer Wassergeschwindigkeit von 8 m/s aufgetragen.

Tabelle 1

Kupferwand-Rauigkeit Ra wasserseitig	Kupferwandtemperatur wasserseitig	Kupferwandtemperatur strangseitig	Wärmestromdichte im Badspiegelbereich
2 µm	131°C	312°C	356 W/cm ²
20 µm	115°C	298°C	361 W/cm ²
80 µm	98°C	283°C	365 W/cm ²

Die Tabellenwerte zeigen, dass bei zunehmender Rauigkeit Ra von z.B. 2 µm auf 80 µm die Kupferwandtemperatur aussen von 131°C auf 98°C, die Kupferwandtemperatur innen, d.h. auf der Formhohlraumseite, von 312°C auf 283°C abfällt. Diese Temperaturabsenkungen erscheinen relativ klein, sind aber in diesem Anwendungsfall von besonderer Bedeutung, weil die Erweichungs-, bzw. Rekristallisationstemperatur beim Kupfer bzw. bei den in Frage kommenden Kupferlegierungen bei 280–400°C liegen. Die bei kalt verformten Kupferkokillen erzielte Härte wird beim Überschreiten dieser Temperaturen vermindert und die Geometrie wird durch Abbau von thermischen bzw. mechanischen Spannungen verändert. Die Wärmedurchgangsrate erhöht sich bei einer Erhöhung der Rauigkeit Ra von 2 µm auf 80 µm von 356 W/cm² auf 365 W/cm².

Die Rauigkeit kann mit allen technisch bekannten Mitteln auf die Kupferwand aufgebracht werden. Bei Bogenkokillen wird in der Regel eine Kaltverformungsoperation mit eingesetztem Dorn durchgeführt. Es ist deshalb besonders vorteilhaft, wenn nach der Kaltverformung das Kokillenrohr mit eingesetztem Dorn einem Sand- oder Stahlkiesstrahlverfahren unterzogen wird und durch entsprechende Wahl des Strahlmittels die gewünschte Rauigkeit an den gewünschten Stellen erzeugt werden kann.

Die Oberflächenrauigkeit Ra in µm kann auch in anderen Skalen zur Rauigkeitsbestimmung festgelegt werden. Einer bestimmten Rauigkeit Ra in µm kann beispielsweise eine äquivalente Sandrauigkeit Ks zugeordnet werden.

Patentansprüche

1. Kokille zum Stranggiessen von Stahl, wobei Wände aus Kupfer oder einer Kupferlegierung einen Formhohlraum umschliessen und zwischen den Kupferwänden und einem Kühlwassermantel ein Kühlwasserspalt mit vorbestimmter Dimensionierung für einen Kühlwasserkreislauf vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupferwände auf der Kühlwasserseite mindestens entlang eines Teilbereiches eine Oberflächenrauigkeit Ra = 5–600 µm aufweisen.

2. Kokille nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupferwände im Teilbereich eine Oberflächenrauigkeit Ra = 10–200 µm aufweisen.

3. Kokille nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlwasserspalt zwischen der Kupferwand und dem Kühlwassermantel 2–10 µm beträgt.

4. Kokille nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass im genannten Teilbereich die Kupferwände eine gleichmässige Dicke aufweisen.

5. Kokille nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenrauigkeit in Stranglaufrichtung abnimmt.

Diagramm

